Avances Técnicos

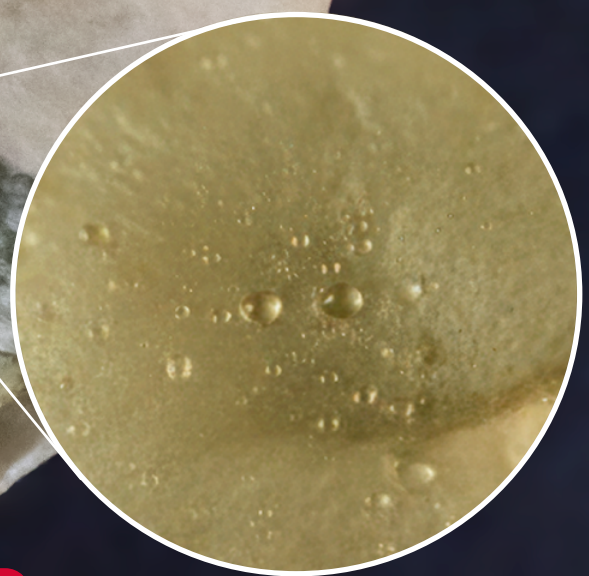
MARZO 2026

Osorio-Pérez V. | Pabón-Usaquén J. P. | Gómez-Parra C. R.

Cenicafé®
Centro Nacional de Investigaciones de Café

583

La actividad de agua y su influencia en la calidad del café



Federación Nacional de Cafeteros de Colombia

Calidad física del grano de café

La calidad física del café se asocia a su aspecto visual e incluye la valoración del olor y color. El contenido de humedad y la proporción de grano o almendra sana son los principales indicadores de calidad física del café. El **contenido de humedad** es un factor determinante en la vida útil del grano de café y de su comportamiento durante el almacenamiento. Altos contenidos de humedad afectan la calidad, debido a que producen calentamiento, decoloración del grano y pueden ser focos de hongos e insectos (Kumar & Kalita, 2017). El contenido de humedad debe permanecer en un rango comprendido entre 10% y 12% y, durante el almacenamiento y transporte, deben asegurarse las condiciones ambientales adecuadas que preserven estos niveles y la calidad del grano.

La **humedad de equilibrio** es la cantidad de agua que retiene un alimento después de estar durante un tiempo prolongado en un ambiente con temperatura y humedad relativa constantes. Cuando un alimento está en equilibrio higroscópico no gana ni pierde agua, porque la cantidad de vapor de agua en el alimento es igual a la del aire que lo rodea (Trejos et al., 1989). Si la humedad relativa del aire es mayor que la del alimento, este absorberá agua; si es menor, perderá agua. Cada alimento tiene un comportamiento diferente según su tipo, temperatura y contenido de humedad; por eso es importante conocer cómo se comporta en distintas condiciones para evitar daños durante su almacenamiento (Figura 1).

El agua en el grano de café cumple diversas funciones, como aportar a su estructura, contribuir a su aspecto y sabor, así como definir su vida útil.

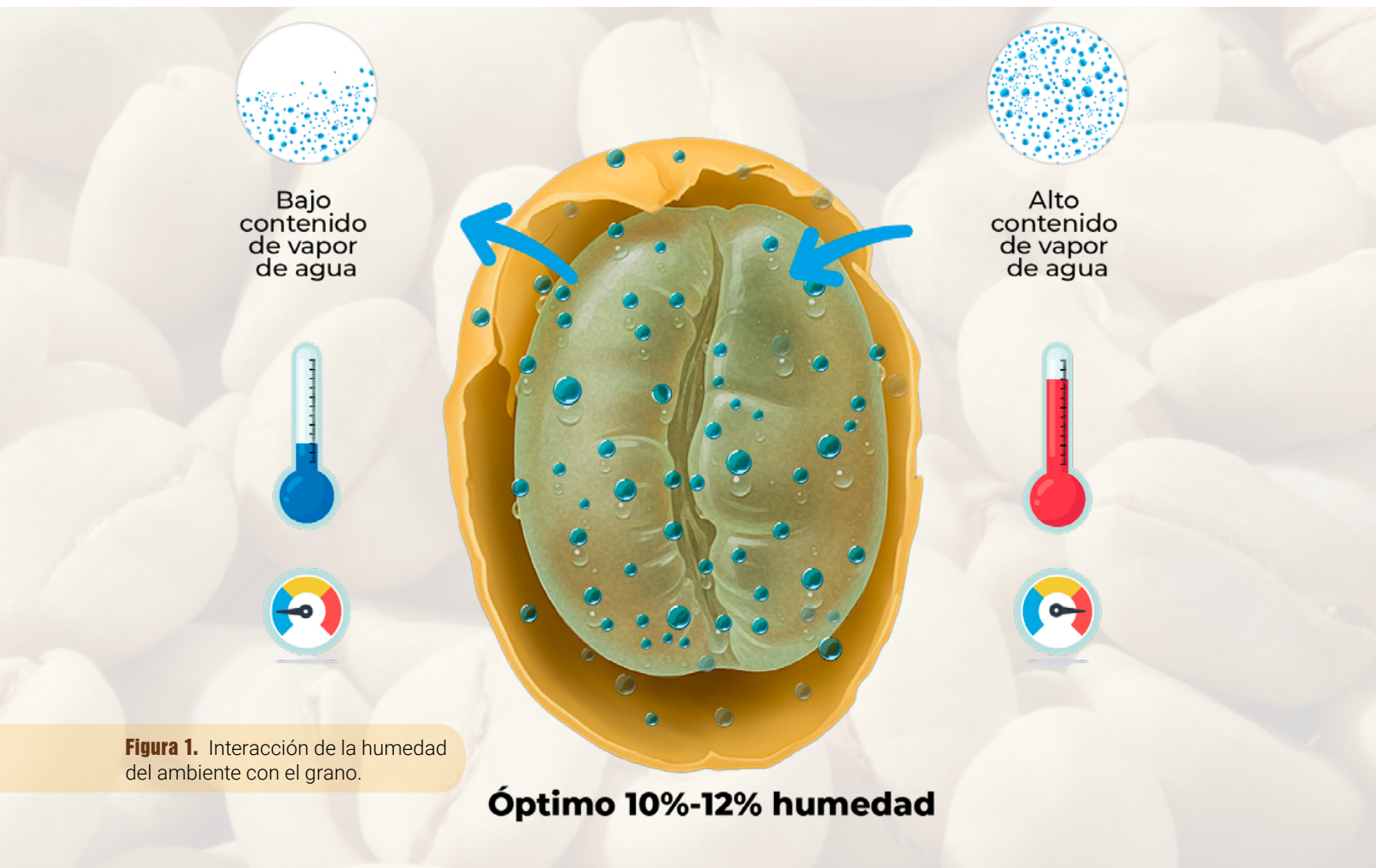


Figura 1. Interacción de la humedad del ambiente con el grano.

Diferentes contenidos de humedad en el grano de café influyen en el aspecto visual; altos contenidos de agua originan una textura blanda y color oscuro, mientras que bajos contenidos se relacionan con texturas quebradizas y colores grisáceos (Figura 2). Porcentajes de humedad superiores al 11,5% aumentan la tasa respiratoria de los granos, acelerando los cambios en la composición química (disminución de los carbohidratos, lípidos y proteínas). La disminución de estos compuestos favorece la generación de sabores asociados al envejecimiento como lo son las notas a papel y madera característicos y discriminantes del café reposado (Ribeiro et al., 2011).

El objetivo del presente avance técnico es evidenciar la relación entre el contenido de humedad y la actividad de agua, así como su efecto en la calidad del café. Hasta el momento, el porcentaje de humedad ha sido el principal criterio utilizado para la comercialización y para describir el comportamiento del café durante su almacenamiento. Sin embargo, existe discusión acerca de los valores de actividad de agua en café pergamino seco y excelso y su posible uso como criterio complementario para la aceptación de compras de café que cumplen con el porcentaje de humedad establecido. En este contexto, se determinaron los rangos de actividad de agua en muestras de café pergamino seco y excelso que cumplían con los porcentajes de humedad requeridos, mediante mediciones directas.

Actividad del agua

La actividad de agua (Aw) es un parámetro termodinámico que puede expresarse como la disponibilidad potencial del agua para participar en diferentes reacciones bioquímicas, microbiológicas y fisicoquímicas (Labuza, 1980). En un alimento, la actividad de agua es mayor al aumentar el contenido de agua. Altos valores de actividad de agua pueden favorecer el crecimiento microbiano y la producción de micotoxinas, como la ocratoxina A (OTA) en café. La Aw varía entre 0,0 y 1,0, los alimentos con valores inferiores a 0,7 son poco susceptibles a la mayoría de las causas que ocasionan su deterioro. Cuando se secan los frutos de café disminuye su actividad de agua, se concentran los compuestos químicos en el grano y se asegura la inocuidad del mismo.



Figura 2. Defectos físicos asociados al contenido de humedad del grano.

Tipos de procesamiento para disminuir el contenido de agua

Debido a la naturaleza perecedera de los frutos de café y a su alto contenido de agua es necesario someterlos a diferentes tipos de procesamiento, con el fin de transformarlos en granos de café seco. Este proceso permite conservar sus características de calidad, influir en la diferenciación de los descriptores sensoriales y evitar pérdidas del producto.

Básicamente se reconocen tres vías de procesamiento: seca, húmeda y semi-seca, dando como resultado los cafés naturales, lavados y honey, respectivamente. Dentro de las etapas del procesamiento, el secado es el proceso en el que se reduce el contenido de agua para lograr la conservación del grano de café. Es así como en los frutos de café para la obtención de los cafés naturales, el contenido inicial de humedad puede encontrarse en valores entre 68% al 72% base húmeda (b.h.) y luego del secado se obtiene el denominado café cereza seca (ccs) (Osorio et al., 2021). En cafés lavados, el contenido inicial de agua en el grano disminuye de valores entre 50% - 55% b.h. hasta el 10% - 12% b.h obteniendo el denominado café pergamino seco (cps). Para el café honey, los contenidos iniciales pueden variar dependiendo del contenido del mucílago, para frutos con el 100% de mucílago el valor puede encontrarse en un rango entre 57% - 61% b.h.

Mediante un secado mecánico de capa estática con temperatura de 40°C, se obtienen diferentes tasas de remoción de agua para café lavado de 362,11 g de agua por kg-h^{-1}, natural de 384,14 g de agua por kg-h^{-1} y honey 464,35 g de agua por kg-h^{-1}, con tiempos promedio de secado de cuatro, nueve y seis días, respectivamente. Menores tasas de remoción de agua y menor tiempo de secado del café lavado están asociados al menor contenido de agua y la eliminación de barreras que forma el pericarpio del fruto. En todos los casos el secado del grano que asegura rangos comprendidos entre el 10% al 12% (franja de color verde) asegura contenidos de Aw inferiores a 0,7 (Figura 3).

Ocratoxina A (OTA)

La inocuidad se refiere a la ausencia de riesgos para la salud humana y es especialmente importante en productos destinados para el consumo, como el café. La Ocratoxina A (OTA) es una toxina producida por hongos filamentosos, que tiene efectos negativos en la salud humana y que no se elimina completamente durante el tueste (Akbar & Magan, 2014). El límite de actividad de agua para el crecimiento inicial de hongos como *Aspergillus ochraceus* es de 0,76, que corresponde a un contenido de humedad del 14,2% para los granos de café verde, pero para la producción de OTA los valores mínimos de actividad de agua varían en el rango de 0,83 y 0,87 (Barbosa-Cánovas et al., 2008). Por este motivo, dentro de las estrategias de poscosecha se recomienda la disminución continua del contenido de humedad a través de procesos eficientes de secado, evitando interrupciones o prolongaciones que generan condiciones como el alto contenido de humedad del grano que favorece el crecimiento de hongos. Adicionalmente, debe garantizarse que los granos conserven su humedad entre el 10% al 12% durante toda la cadena de comercialización, incluyendo almacenamiento y transporte.

Humedad del café pergamino seco y la actividad de agua

Se determinó el comportamiento del parámetro actividad de agua (Aw) para muestras de café pergamino seco (cps) y café excelso con diferentes contenidos de humedad (Tabla 1) con un coeficiente de confianza del 95% (Osorio et al., 2024). Las muestras de cps evaluadas presentaron un contenido de humedad de 11,05%, a su vez correspondieron a un valor promedio de actividad de agua de 0,6184.

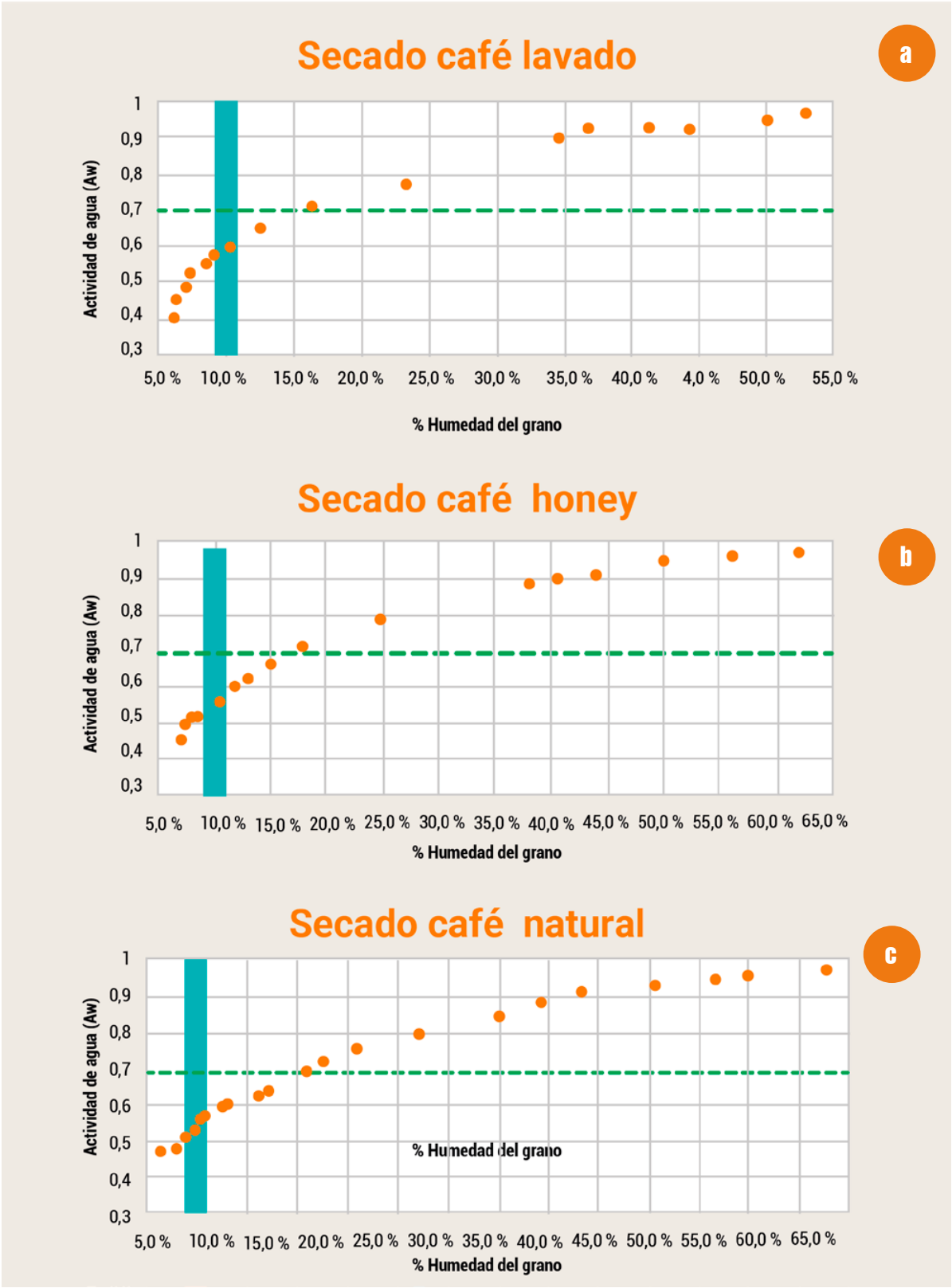


Figura 3. Disminución del contenido de humedad durante el secado en diferentes tipos de procesamiento **a.** Lavado, **b.** Honey y **c.** Natural.

Las muestras de café excelso no presentaron porcentajes de humedad inferiores al 10%, y el 3,0% presentaron valores superiores al 12%, mostrando un mayor porcentaje de muestras en el rango óptimo de humedad en comparación con el café pergamino seco. En el 97,0% de las muestras de excelso el rango óptimo de humedad tuvo un valor promedio de 11,34%, que corresponde a un valor de actividad de agua de 0,6175 (Osorio et al., 2024). El nivel máximo de humedad seguro de un alimento se basa en su actividad de agua, para el caso del café pergamino seco y excelso, que cumplen con el rango establecido de contenido de humedad, se encontraron límites superiores de actividad de agua de 0,6251 y 0,6204, respectivamente (Tabla 1).

Se estimó el contenido de humedad en café pergamino seco (csp), posteriormente, los granos se trillaron, y al café almendra también se le determinó el contenido de humedad. El promedio de la diferencia de humedad entre el cps y su respectiva almendra fue de 0,21% con un intervalo entre 0,14% y 0,27%, mostrando mayor humedad el café almendra con respecto al café pergamino seco. Menores contenidos de humedad en el cps pueden estar asociados a la composición de la cascarilla del café pergamino ya que esta presenta mayores contenidos de celulosa (Osorio et al., 2024).

Cambios en los valores de actividad de agua

La actividad de agua (Aw) representa el estado energético de las moléculas de agua. Esta propiedad es termodinámica, y las variaciones en su medición están ligadas a dos aspectos básicos: la temperatura y el momento de medición: en el origen que es la etapa de secado o en el destino que es la etapa de almacenamiento. Para un mismo café con un rango de humedad comprendido entre el 10% y el 12% b.h. se obtuvieron valores promedio de actividad de agua de 0,6254, 0,6161 y 0,6059 en temperaturas de 25°C, 20°C y 15°C respectivamente. En cuanto al momento de la medición, realizada bajo las mismas condiciones de temperatura y humedad relativa, las diferencias observadas en los valores de actividad de agua (Aw) en los granos pueden explicarse por un fenómeno físico conocido como histéresis. Este fenómeno se refiere a las diferencias que existen entre las curvas de adsorción (cuando el grano gana humedad) y desorción (cuando el grano pierde humedad), como lo señalan Al-Muhtaseb et al. (2002). Generalmente, la actividad de agua es mayor durante la adsorción que durante la desorción, incluso si el contenido de humedad es el mismo. Una de las explicaciones más aceptadas para esta diferencia es el daño térmico que sufren las estructuras celulares del grano durante

Tabla 1. Rangos de humedad y valores de actividad de agua para café pergamino seco y excelso.

Humedad (% b.h.)		Proporción de muestras (%)	Humedad (%)			Actividad de Agua		
			Promedio	Lím. Inf.	Lím. Sup.	Promedio	Lím. Inf.	Lím. Sup.
Café pergamino seco	< 10%	19,0	9,23	8,80	9,67	0,5380	0,5158	0,5603
	10% – 12%	60,0	11,05	10,90	11,20	0,6184	0,6118	0,6251
	> 12%	21,0	12,69	12,45	12,92	0,6747	0,6636	0,6859
Excelso	< 10%	0,0	-	-	-	-	-	-
	10% – 12%	97,0	11,34	11,28	11,39	0,6175	0,6147	0,6204
	> 12%	3,0	12,10	12,05	12,14	0,6546	0,6532	0,6560

el proceso de secado, lo que altera su capacidad para retener o liberar agua (Fontana Jr. & Carter, 2020). En términos prácticos, esto significa que un café con el mismo contenido de humedad podría mostrar un valor de actividad de agua menor en el país de origen que en el país de destino, debido a este efecto de histéresis.





La actividad del agua en las reacciones de tueste

Reducir el contenido de agua a valores de Aw inferiores a 0,6, afecta la movilidad de los compuestos químicos del grano inhibiendo la formación de melanoidinas, por esto, en alimentos muy concentrados en azúcares, es más factible la caramelización que la reacción de Maillard (Badui Dergal, 2016). Durante el proceso de tueste del café y con el fin de que se favorezca el pardeamiento no enzimático (reacción de Maillard), se necesita suficiente agua para que los solutos se disuelvan, se difundan y reaccionen mejorando la complejidad sensorial de la bebida.

Familias caficultoras

Asegurar el contenido de humedad del grano entre 10% y 12%, a través de un secado continuo y un almacenamiento adecuado, preserva su calidad al controlar los valores de la actividad de agua, evitando el deterioro y permitiendo las reacciones clave durante el tueste que definen su perfil sensorial.

Literatura citada

Akbar, A., & Magan, N. (2014). The impact of water and temperature interactions on lag phase, growth and potential ochratoxin A production by two new species, *Aspergillus aculeatinus* and *A. sclerotiicarbonarius*, on a green coffee-based medium. *International Journal of Food Microbiology, 188,* 116–121. https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2014.07.025

Al-Muhtaseb, A. H., McMinn, W. A. M., & Magee, T. R. A. (2002). Moisture Sorption Isotherm Characteristics of Food Products: A Review. *Food and Bioproducts Processing, 80*(2), 118–128. https://doi.org/10.1205/09603080252938753

Badui Dergal, S. (2016). *Química de los alimentos* (4a ed.). Pearson Educación. https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/3608

Barbosa-Cánovas, G. V., Fontana, A. J., Schmidt, S. J., & Labuza, T. P. (Eds.). (2008). *Water Activity in Foods: Fundamentals and Applications*. Blackwell Publishing Ltd. https://doi.org/10.1002/9780470376454

Fontana, A. J., & Carter, B. P. (2020). Measurement of Water Activity, Moisture Sorption Isotherm, and Moisture Content of Foods. En G. V. Barbosa-Cánovas, A. J. Fontana, S. J. Schmidt, & T. P. Labuza (Eds.), *Water Activity in Foods* (pp. 207–226). Wiley. https://doi.org/10.1002/9781118765982.ch8

Kumar, D., & Kalita, P. (2017). Reducing Postharvest Losses during Storage of Grain Crops to Strengthen Food Security in Developing Countries. *Foods*, *6*(1), 8. https://doi.org/10.3390/foods6010008

Labuza, T. P. (1980). Effect of water activity on reaction kinetics of food deterioration. *Food Technology, 34*, 36–41.

Osorio, V., Pabón, J., Shuler, J., & Fernández-Alduenda, M. R. (2022). Efecto de la combinación de procesos de secado en la calidad del café natural obtenido vía seca. *Revista Cenicafé*, *73*(1), e73101. https://doi.org/10.38141/10778/73101

Osorio, V., Pabón, J., & Gómez, C. R. (2024). Efecto del porcentaje de humedad del café en la actividad de agua. *Revista Cenicafé*, *75*(1), e75104. https://doi.org/10.38141/10778/75104

Ribeiro, F. C., Borém, F. M., Giomo, G. S., De Lima, R. R., Malta, M. R., & Figueiredo, L. P. (2011). Storage of green coffee in hermetic packaging injected with CO2. *Journal of Stored Products Research*, *47*(4), 341–348. https://doi.org/10.1016/j.jspr.2011.05.007

Trejos, R., Roa, G., & Oliveros, C. E. (1989). Humedad de equilibrio y calor latente de vaporización del café pergamino y del café verde. *Revista Cenicafé, 40*(1), 5–15. http://hdl.handle.net/10778/841

Esta investigación fue financiada por Cenicafé con el código del proyecto CAL105002 (Cenicafé–Crossref Funder ID 100019597).

Autores

Valentina Osorio Pérez
Investigador Científico II
https://orcid.org/0000-0002-1166-0165

Jenny Paola Pabón Usaquén
Investigador Científico I
https://orcid.org/0000-0003-1576-2297

Claudia Rocío Gómez Parra
Asistente de Investigación
https://orcid.org/0000-0002-0685-8337

Disciplina de Calidad
Centro Nacional de Investigaciones de Café. Cenicafé

DOI (Digital Object Identifier)
https://doi.org/10.38141/10779/0583

Edición

Sandra Milena Marín López

Fotografías

Archivo Cenicafé
Almacafé - FNC (Figura 2)

Diagramación

Carmenza Bacca Ramírez

Imprenta

Gerencia Técnica
Fondo Nacional del Café

ISSN-0120-0178
ISSN-2145-3691 (En línea)

Los trabajos suscritos por el personal técnico del Centro Nacional de Investigaciones de Café son parte de las investigaciones realizadas por la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Sin embargo, tanto en este caso como en el de personas no pertenecientes a este Centro, las ideas emitidas por los autores son de su exclusiva responsabilidad y no expresan necesariamente las opiniones de la Entidad.

Manizales, Caldas, Colombia - Tel. (606) 8500707
www.cenicafe.org

Licencia Creative Commons CC de Atribución - sin derivar - no comercial por la que este material puede ser distribuido, copiado y exhibido por terceros solo si se muestra en los créditos. No se puede realizar obras derivadas y no se puede obtener ningún beneficio comercial.